

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Imun

Tubuh selalu mempertahankan diri ketika ada benda asing yang mencoba untuk masuk kedalamnya, hal ini disebut dengan imunitas. Beberapa jaringan dan sel tubuh bersatu menjadi suatu sistem imun yang kemudian mereka memberikan reaksi yang disebut respon imun. Biasanya, respon imun dapat dirangsang dengan menggunakan vaksinasi (Suardana, 2017)

Sistem imun memiliki banyak fungsi, yaitu untuk pertahanan tubuh dari benda asing, membersihkan sel mati, memperbaiki jaringan rusak, dan juga mencegah aktifnya sel kanker dan tumor didalam tubuh (Suardana, 2017)

Selain fungsi-fungsi tersebut, sistem imun juga berfungsi untuk menghancurkan sel yang tidak normal pada tubuh dan mengenali benda asing yang masuk kedalam tubuh. Benda asing yang ditahan oleh imun bisa berupa bakteri, virus, parasite dan fungi (Sherwood, 2014).

2.2 Jenis Sistem Imun

2.2.1 Imun Alami

Imunitas alami adalah imun yang sudah ada sejak bayi yang berfungsi untuk memberikan perlindungan segera terhadap infeksi (Riley and Rupert, 2015). Pembahasan ini akan membahas macam-macam komponen yang ada dalam sistem imun alami. Diantaranya adalah sel epitel, sel-sel penjaga (sentinel) di jaringan (makrofag, sel dendritik, sel mast) sel limfoid alami, dan sel NK.

2.2.1.1 Barrier Epitelial

Barrier epitelial adalah penghubung utama antara tubuh dan lingkungan eksternal, traktus gastrointestinal, traktus respiratori, dan traktur genitourinaria (Suardana, 2017). Dalam barrier epiteli terdapat fagosit yaitu neutrofil dan makrofag :

- a. Neutrofil adalah sel pertama yang memberikan respon terhadap infeksi dan disebut juga sebagai leukosit polimorfonuklear (PMN) adalah leukosit paling banyak dalam darah yang berjumlah 4000– 10.000 / μL (Abbas, 2016).
- b. Makrofag adalah yang bertugas sebagai menelan mikroba dalam darah dan dalam jaringan. Makrofag ini memiliki jumlah yang paling sedikit yaitu berjumlah 500 – 1000/ μL .

Dalam makrofag sendiri dibagi menjadi 2 jenis yaitu aktivasi makrofag klasik dan alternatif (Suardana, 2017).

1. Aktivasi Makrofag Klasik

Aktivasi makrofag klasik bisa disebut juga sebagai M1 bertugas sebagai penghancur mikroba dan inflamasi (Suardana, 2017).

2. Aktivasi Makrofag Alternatif

Aktivasi makrofag alternatif bisa disebut juga sebagai M2 yang bertugas dalam hal penyembuhan jaringan dan inflamasi (Suardana, 2017).

2.2.1.2 Sel Dendritik

Sel dendritik adalah sel yang memberi respon terhadap mikroba dalam menghasilkan yang memiliki dua fungsi utama : mengawali peradangan dan merangsang respon imun adaptif (Suardana, 2017).

1.2.1.3.Sel Mast

Sel mast adalah sel yang berasal dari *bone marrow* dengan granula sitoplasma banyak dan ditemukan di bawah kulit dan epitel mukosa (Suardana, 2017).

1.2.1.4. Sel *Natural Killer*

Sel *Natural Killer* atau disebut juga sel NK dapat mengenali sel yang terinfeksi dan mengalami stress dan memberi respon dengan membunuh sel-sel ini dan dengan mensekresi sitokin yang mengaktifkan makrofag (Suardana, 2017).

1.2.1.5.Sistem Komplemen

Sistem komplemen adalah kumpulan dari protein terikat membran dan protein dalam darah yang penting dalam pertahanan. Katsade komplemen dapat diaktifkan oleh satu dari tiga jalur :

- a. Jalur alternatif
- b. Jalur Klasik
- c. Jalur Lektin

Protein komplemen teraktivasi berfungsi sebagai enzim proteolitik untuk memecah protein komplemen lainnya.

2.2.2 Imunitas Adaptif (Spesifik)

Imunitas adaptif adalah pertahanan tubuh berupa perlawanan terhadap antigen tertentu. Sistem imun yang membutuhkan pajanan mengenali jenis mikroba yang akan ditangani. Sistem imun ini bekerja secara spesifik karena respon setiap jenis mikroba berbed dan membutuhkan waktu yang sedikit lama untuk menimbulkan respon. Jika sistem imun ini sudah terpajan oleh suatu

mikroba atau penyakit maka perlindungan yang diberikan dapat bertahan lama karena sistem ini mempunyai memori terhadap pajanan yang didapat. Jenis-jenis imunitas adaptif dibagi menjadi 2, yaitu :

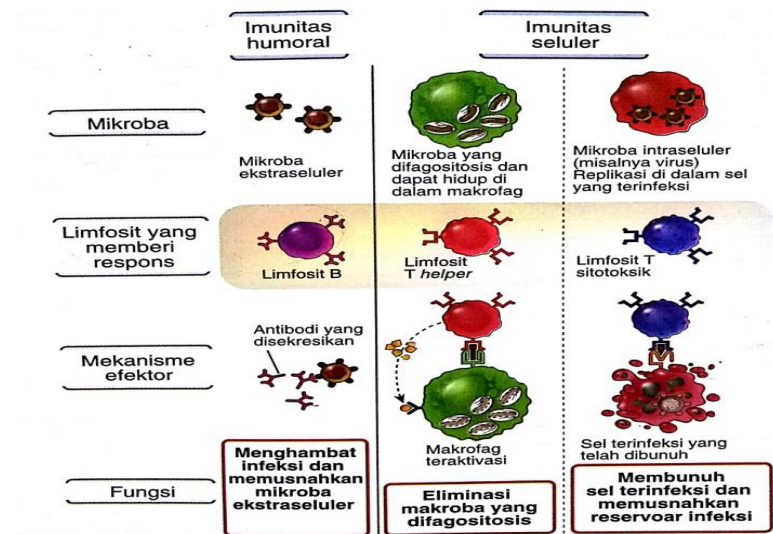
2.2.2.1 Imunitas Humoral

Diperantarai oleh protein yang dinamakan antibodi, yang diproduksi oleh sel-sel yang disebut limfosit B yang berasal dari *bone marrow* dan akan menghasilkan antibodi. Antibodi tersebut masuk kedalam sirkulasi dan cairan mukosa lalu menetralkan dan mengeliminasi mikroba serta toksin mikroba yang berada di luar sel-sel inang dalam darah dan cairan ekstraseluler. Fungsi terpenting antibodi yaitu menghentikan mikroba yang berada pada permukaan mukosa dan dalam darah agar tidak mendapatkan akses menuju sel target. Antibodi inilah yang akan melindungi tubuh dari infeksi ekstraseluler, virus dan bakteri serta menetralkan toksin.

2.2.2.2 Imunitas Seluler

Pertahanan terhadap mikroba intraseluler yang prosesnya diperantarai oleh sel limfosit T yaitu limfosit T helper dan limfosit T sitotoksik. Limfosit T *helper* mengaktifasi fagosit untuk menghancurkan mikroba yang telah difagositosis oleh fagosit ke dalam vesikel intraseluler. Limfosit T sitotoksik melisis berbagai jenis sel inang yang terinfeksi mikroba infeksius didalam sitoplasmanya. Sel ini juga berasal dari *bone marrow*, namun maturasi dalam timus. Fungsi umum sistem ini yaitu melawan bakteri yang hidup intraseluler, virus, jamur, parasit dan tumor.

Pada imunitas humoral, limfosit B mensekresi antibodi yang memberantas mikroba ekstraseluler. Pada imunitas seluler, berbagai macam limfosit T merekrut dan mengaktifkan fagosit untuk menghancurkan mikroba yang telah masuk ke dalam sel yang terinfeksi.



(Chabot-Richards and George, 2014)

Gambar 2.1 Macam-macam Sel pada Sistem Imun Adaptif

2.3 Mekanisme Sistem Imun

Ditinjau dari 2 sisi, yaitu sistem imun respon dan adaptif. Respons imun non spesifik sudah ada sejak lahir dan merupakan komponen normal. Respon imun meliputi pertahanan fisik atau mekanik, pertahanan biokimia, pertahanan humoral, dan pertahanan selular. Respon imun ini merupakan pertahanan terdepan dalam menghadapi serangan mikroba dan dapat memberikan respons langsung, siap mencegah mikroba masuk ke tubuh dan dengan cepat menyingkirkannya. Jumlahnya dapat ditingkatkan oleh infeksi, misal sel leukosit meningkat selama fase akut penyakit. Respon ini dimediasi oleh rangkaian kompleks dari peristiwa selular dan molekular termasuk fagositosis, radang dan lain-lain (Suardana, 2017).

Mekanisme imunitas ini memerlukan pengenalan terhadap antigen lebih dulu. Mekanisme imunitas spesifik ini terdiri dari:

1. Imunitas humoral.

Produksi antibodi spesifik oleh sel limfosit B (*T dependent* dan *non T dependent*).

2. Cell mediated immunity (CMI). (Munasir Zakiudin, 2016)

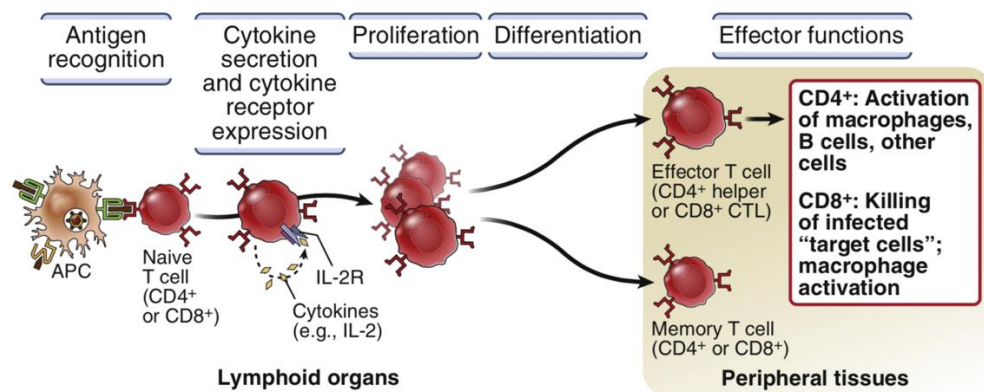
2.3.1 Sistem Imun Adaptif

2.3.1.1 Respon Sel T

Peptida dari antigen protein dan MPC yang menampilkan peptida dikenali oleh sel T naif (sel T CD4+ dan sel T CD8+) di limfoid organ perifer. Pengenalan ini dilakukan oleh Reseptor Sel T (TCR). Respons awal yang dilakukan adalah sekresi sitokin serta peningkatan ekspresi reseptor. Sitokin kemudian akan merangsang terjadinya proliferasi sel T yang menghasilkan jumlah limfosit spesifik antigen. Limfosit yang telah aktif selanjutnya mengalami diferensiasi dan menghasilkan sel T efektor. Fungsi sel T efektor CD4+ untuk merekrut dan mengaktifkan fagosit yang akan menghancurkan mikroba sedangkan fungsi sel T efektor CD8+ sitolitik untuk melisis sel yang terinfeksi.

Sel efektor dapat mengalami dua kejadian yaitu tetap berada di limfoid untuk mengatasi sel yang terinfeksi di tempat itu sendiri juga memberikan sinyal kepada sel B dan sel T efektor dapat meninggalkan limfoid kemudian masuk ke sirkulasi menuju tempat yang terinfeksi dan mengatasinya.

Selain berkembang menjadi sel T efektor, sel T mengalami perubahan lain yaitu menjadi sel T memori yang akan memberikan respon cepat ketika terjadi paparan mikroba yang sama atau berulang.



(Chabot-Richards and George, 2014)

Gambar 2.2 Tahap Aktivasi Limfosit T

2.3.1.2 Respon Sel B

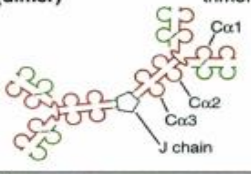
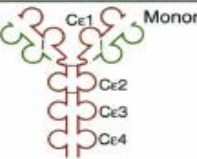
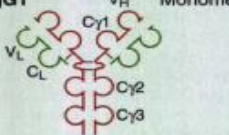
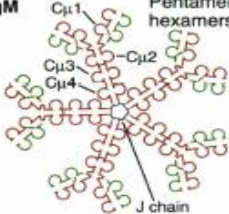
Reseptor untuk tiap sel B berbeda-beda. Setelah mengenali antigen dan dibantu oleh sel *T-Helper* 2, sel B menjadi aktif dan segera bereplikasidan berdiferensiasi menjadi sel plasma dan sel memori.

a. Antibodi

Antibodi adalah protein molekul immunoglobulin yang terdiri dari berbagai asam amino yang spesifik yang diproduksi oleh sel plasma setelah limfosit B berinteraksi dengan antigen. (Suardana, 2017)

Antibodi dapat dibedakan menjadi lima kelas, yaitu IgM, IgG, IgA, IgE, dan IgD. Masing-masing kelas memiliki fungsi yang berbeda-beda.

Table 4-2. Human Antibody Isotypes

Isotype of antibody	Subtypes	H chain	Serum concentr. (mg/mL)	Serum half-life (days)	Secreted form	Functions
IgA	IgA1,2	α (1 or 2)	3.5	6	IgA (dimer) Monomer, dimer, trimer 	Mucosal immunity
IgD	None	δ	Trace	3	None	Naive B cell antigen receptor
IgE	None	ϵ	0.05	2	IgE Monomer 	Defense against helminthic parasites, immediate hypersensitivity
IgG	IgG1-4	γ (1,2,3 or 4)	13.5	23	IgG1 Monomer 	Opsonization, complement activation, antibody-dependent cell-mediated cytotoxicity, neonatal immunity, feedback inhibition of B cells
IgM	None	μ	1.5	5	IgM Pentamers, hexamers 	Naive B cell antigen receptor, complement activation

(Suardana, 2017)

Gambar 2.3 Macam-macam Kelas pada Immunoglobulin

Setelah antibodi terbentuk, mereka akan mendekati antigen dan menahan antigen untuk melakukan infeksi sel-sel lainnya dengan beberapa cara, yaitu *neutralization*, *opsonization*, dan *complement activation*.

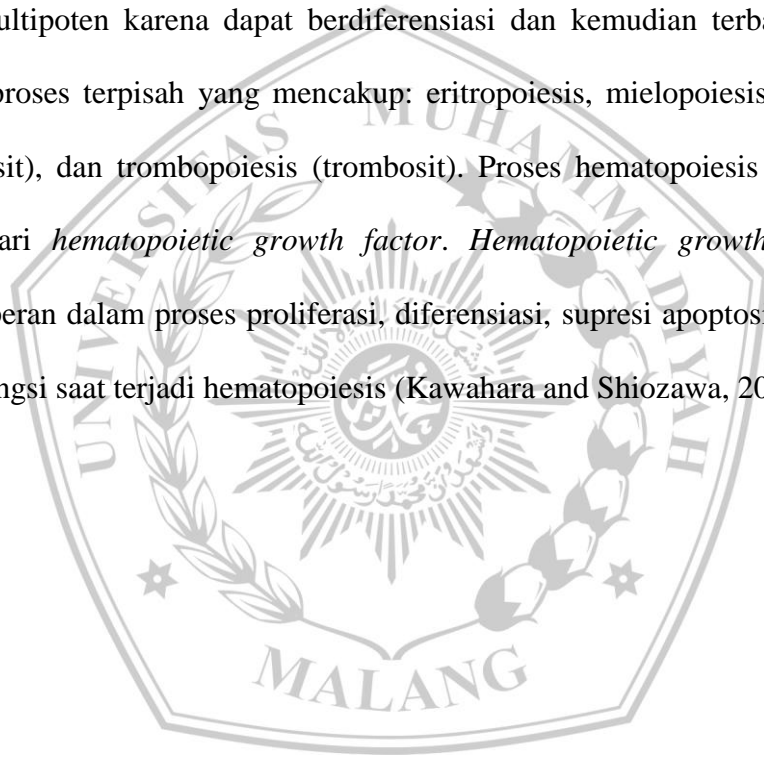
2.4. Hematopoiesis

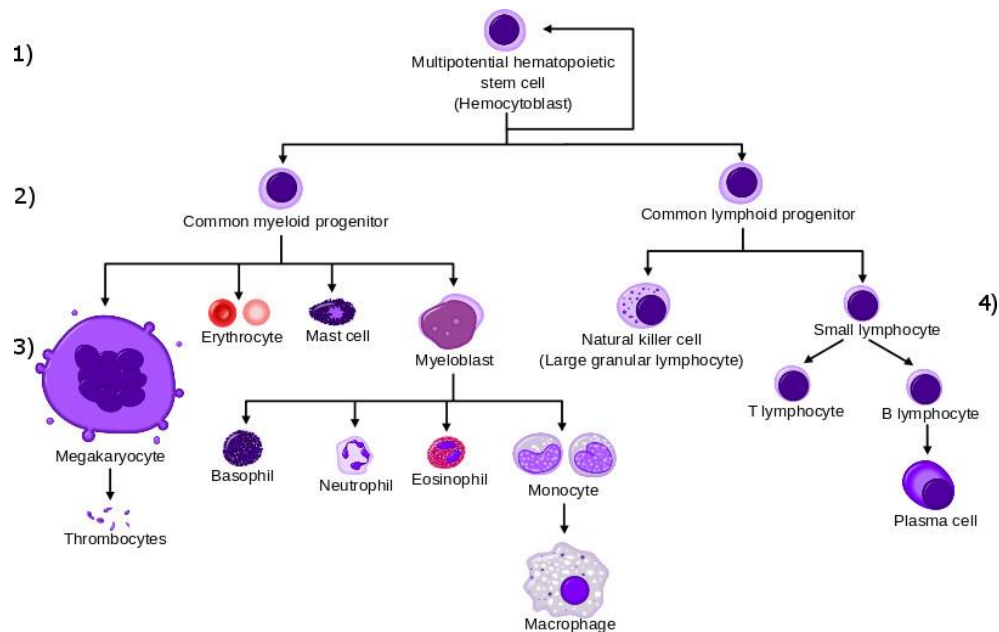
Darah terdiri atas komponen sel dan plasma. Komponen sel terdiri atas eritrosit), leukosit: basofil, eosinofil, neutrofil batang, neutrofil segmen, limfosit, monosit, dan trombosit (keping darah/platelet). Komponen sel dalam darah dibentuk dalam suatu proses yang dinamakan hematopoiesis. Hematopoiesis terjadi sejak masa embrional. Hematopoiesis menurut waktu terjadinya terbagi atas hematopoiesis prenatal dan hematopoiesis postnatal. Hematopoiesis prenatal terjadi selama dalam kandungan (Kawahara and Shiozawa, 2015). Hematopoiesis prenatal terdiri atas 3 fase: mesoblastik, hepatik, dan myeloid. Fase mesoblastik dimulai sejak usia mudigah 14 hari sampai minggu kesepuluh, berlangsung di *yolk sac (saccus vitelinus)*. Sedangkan fase hepatik berlangsung mulai minggu keenam sampai kelahiran, berlangsung di mesenkim hepar, dan mulai terjadi differensiasi sel. Fase myeloid berlangsung dalam sumsum tulang pada usia mudigah 12-17 minggu, ini menandakan sudah berfungsinya sumsum tulang untuk menghasilkan sel darah (Kawahara and Shiozawa, 2015).

Organ yang berperan dalam proses hematopoiesis adalah sumsum tulang dan organ retikuloendotelial (hati dan lien). Jika terdapat kelainan pada sumsum tulang, hematopoiesis terjadi di hepar dan lien. Ini disebut hematopoiesis ekstra medular. Sumsum tulang yang berperan dalam pembentukan sel darah adalah sumsum tulang merah, sedangkan sumsum kuning hanya berisi lemak. Pada anak kurang dari 3 tahun, semua sumsum tulang dari sumsum tulang berperan sebagai pembentuk sel darah. Sedangkan saat dewasa, sumsum tulang merah hanya

mencakup tulang vertebra, *costae*, sternum, tengkorak, sakrum, pelvis, ujung proksimal femur dan ujung proksimal humerus (Kawahara and Shiozawa, 2015).

Dalam setiap pembentukan sel darah, terjadi 3 proses yaitu: proliferasi, diferensiasi dan maturasi. Sedangkan komponen yang terdapat dalam proses pembentukan sel darah mencakup: stem sel, sel progenitor, dan sel prekursor. Seluruh komponen sel darah berasal dari *hematopoietic stem cells* (HSC). HSC bersifat multipoten karena dapat berdiferensiasi dan kemudian terbagi menjadi beberapa proses terpisah yang mencakup: eritropoiesis, mielopoiesis (granulosit dan monosit), dan trombopoiesis (trombosit). Proses hematopoiesis terjadi atas regulasi dari *hematopoietic growth factor*. *Hematopoietic growth factor* ini memiliki peran dalam proses proliferasi, diferensiasi, supresi apoptosis, maturasi, aktivasi fungsi saat terjadi hematopoiesis (Kawahara and Shiozawa, 2015).





(Victor P. Eroschenko, *et al.*, 2015)

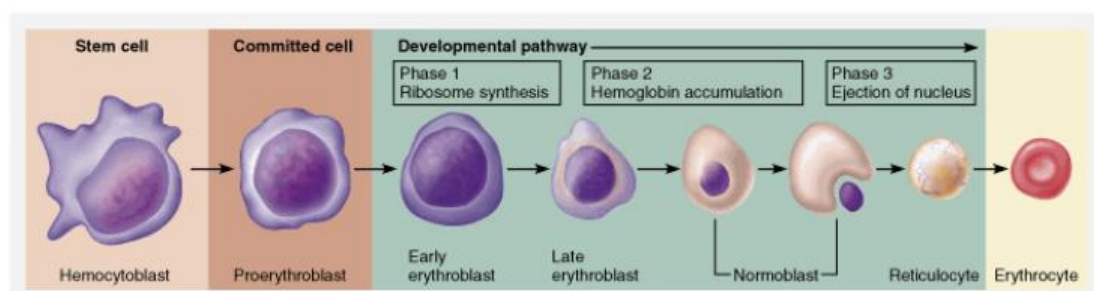
Gambar 2.4 Perkembangan Hematopoiesis

2.4.1. Eritropoiesis

Eritropoiesis merupakan proses pembentukan dan perkembangan sel darah merah. Sel induk unipotensial yang dapat membentuk eritrosit termuda adalah sel proeritroblas yang dapat diidentifikasi secara morfologis dengan pewarnaan sitokimia. Sel berinti pembentuk eritrosit ini biasanya tampak berkelompok-kelompok dan biasanya tidak masuk ke dalam sinusoid. Selanjutnya pada tahap retikulosit, sel kehilangan inti dan menjadi lebih bebas satu sama lain serta dapat masuk ke dalam sinusoid untuk terus masuk dalam aliran darah. Sel induk unipotensial yang *committed* akan mulai bermitosis sambil berdiferensiasi menjadi sel eritrosit bila mendapat rangsangan eritropoietin (Kawahara and Shiozawa, 2015).

Proliferasi dan maturasi sel darah merah diatur oleh sitokin termasuk eritropoietin sebagai faktor yang terpenting dalam mekanisme ini. Bila terjadi

hipoksia, nefron ginjal akan merespon dengan memproduksi eritropoietin. Eritropoietin (EPO) merupakan suatu hormon glikoprotein dengan berat molekul 30 – 39 kD yang akan terikat pada reseptor spesifik progenitor sel darah merah yang selanjutnya memberi sinyal merangsang proliferasi dan diferensiasi. Sebaliknya bila terjadi peningkatan volume sel darah merah di atas normal misalnya oleh karena transfusi, aktivitas eritropoietin di sumsum tulang akan berkurang. Eritropoietin terutama dihasilkan oleh peritubular interstitial (endotelial) ginjal ($\pm 90\%$) dan sisanya (10-15%) dihasilkan di hati (R.Kawahara, et al., 2015). Produksi EPO akan meningkat pada keadaan anemia ataupun hipoksia jaringan. Selain merangsang proliferasi sel induk unipotensial, eritropoietin juga merangsang mitosis lebih lanjut sel promonoblas, normoblas basofilik dan normoblas polikromatofil. Biasanya diperlukan 35x mitosis untuk mengubah proeritroblas mencapai tahap terakhir dari sistem eritropoesis yang masih berinti. Pada tahap ini inti sel sudah piknotis dan segera dikeluarkan dari sel. Sel eritrosit termuda yang tidak berinti disebut retikulosit yang kemudian berubah menjadi eritrosit (Victor. P et al., 2015).



(Campbell edisi 11)

Gambar 2.5 Proses perkembangan eritrosit

2.4.2. Trombopoiesis

Trombopoiesis merupakan proses pembentukan dan perkembangan trombosit. Trombosit berasal dari fragmentasi membran pseudopodial megakariosit dewasa yang kemudian disebut sebagai protrombosit. Diperkirakan bahwa satu sel megakariosit mampu membentuk 1000–3000 trombosit sebelum residu inti dieliminasi oleh makrofag melalui fagositosis (R.Kawahara, et al., 2015). Proses ini melibatkan reorganisasi membran megakariosit dan komponen sitoskeleton termasuk aktin dan tubulin (Kawahara and Shiozawa, 2015). Selama tahap akhir maturasi protrombosit, organel sel yang terdapat di sitoplasma dan granula berpindah menuju ujung distal protrombosit (Kawahara and Shiozawa, 2015).

Trombosit memiliki peran penting dalam usaha tubuh untuk mempertahankan keutuhan jaringan bila terjadi luka. Trombosit ikut serta dalam usaha menutup luka, sehingga tubuh tidak mengalami kehilangan darah dan terlindung dari penyusupan benda asing. Sebagian trombosit akan pecah dan mengeluarkan isinya, yang berfungsi untuk menstimulasi aktivitas trombosit dan sel-sel leukosit dari tempat lain untuk menuju jaringan luka. Sebagian dari isi trombosit yang pecah tersebut juga aktif dalam mengkatalisis proses pembekuan darah, sehingga luka tersebut selanjutnya disumbat oleh gumpalan yang terbentuk. Jumlah trombosit normal yaitu ketika jumlahnya sama dengan atau lebih dari $150 \times 10^9/L$ (Kawahara and Shiozawa, 2015).

Faktor yang mengendalikan aktivitas trombopoiesis berupa suatu hormon glikoprotein, yang disebut trombopoietin. Hormon ini diproduksi terutama di

hepar dan di ginjal yang berfungsi untuk menstimulasi produksi dan diferensiasi megakariosit yang nantinya akan berkembang menjadi trombosit. Trombopoietin merupakan stimulus yang sangat penting untuk perkembangan sel progenitor hematopoietik yang akan berkembang menjadi megakariosit. Hormon ini juga bersinergi dengan sitokin hematopoietik yang lain, termasuk SCF, IL-11, dan eritropoietin untuk menginduksi proliferasi sel-sel progenitor darah (Kawahara and Shiozawa, 2015). Hormon ini juga menyebabkan pematangan trombosit, menurunkan level ADP, kolagen, dan trombin yang dibutuhkan untuk proses agregasi megakariosit, serta meningkatkan adhesi trombosit ke fibrinogen dan fibronectin (Kawahara and Shiozawa, 2015).

2.5. Leukositosis

Leukositosis secara umum merupakan peningkatan jumlah leukosit dalam darah. Leukosit terdiri atas enam sel, yaitu neutrofil, eosinofil, basofil, monosit, limfosit, dan sel plasma. Leukosit berperan dalam tubuh untuk menangkal berbagai agen-agen infeksi, seperti virus dan bakteri. (Riley and Rupert, 2015). Dalam proses infeksi, peningkatan sel-sel leukosit akan terjadi karena tubuh mencoba mengkompensasi kerusakan jaringan akibat infeksi tersebut. Sel-sel polimorfonuklear dari leukosit (granulosit) yang dilepaskan dari sumsum tulang normalnya memiliki masa hidup empat sampai delapan jam dalam sirkulasi darah dan empat sampai lima hari berikutnya dalam jaringan yang membutuhkan. Dalam infeksi yang lebih berat, granulosit akan bekerja lebih cepat di jaringan yang terinfeksi dan masa hidup dari granulosit akan menurun drastis. Oleh karena itu, selama infeksi terjadi akan terjadi mekanisme yang mendorong pembuatan

leukosit untuk meningkatkan jumlah leukosit guna menyokong penanggulangan infeksi (Riley and Rupert, 2015). Peningkatan dari sel-sel leukosit inilah yang disebut dengan leukositosis dan hal ini menjadi salah satu indikasi terjadinya infeksi. Jumlah leukosit sendiri berbeda pada setiap orang karena tergantung dengan faktor usia. Pada bayi baru lahir memiliki jumlah leukosit berkisar 9.000 – 38.000, bayi berusia < 2 minggu 5.000 – 20.000, bayi 1 – 2 tahun 6.000 – 17.000, anak-anak 5.000 – 13.000 dan dalam darah manusia dewasa normal *leukosit* berjumlah rata-rata 5.000-11.000 / μ l (Riley and Rupert, 2015).

2.5.1. *White Blood Cells* (WBC)

Leukosit merupakan unit sistem pertahanan tubuh manusia. Imunitas mengarah pada kemampuan tubuh untuk menghancurkan dan mengeliminasi sel abnormal atau benda asing yang berpotensi merusak sel tubuh normal. Normal jumlah leukosit dalam tubuh manusia sekitar 5.000-11.000 / μ l. Terdapat dua jenis leukosit yaitu granulosit dan agranulosit dengan jumlah terbanyak dalam tubuh adalah granulosit (leukosit polimorfonuklear). Sel granulosit muda memiliki inti berbentuk sepatu kuda yang akan berubah menjadi multilobuler dengan meningkatnya umur sel. (Kiswari, 2014). Sel granulosit terdiri dari tiga jenis, yang pertama yaitu basophil. basofil bertanggung jawab untuk memberi reaksi alergi dan antigen dengan jalan mengeluarkan histamine kimiayang menyebabkan inflamasi. Selanjutnya yang kedua yaitu eosinophil yang berfungsi berhubungan dengan infeksi parasite, ketiga yaitu neutrophil yang berfungsi sebagai pertahanan tubuh utama terhadap infeksi bakteri juga proses peradangan kecil lainnya (aktivitas dan lisisnya neutrophil dalam jumlah yang banyak

menyebabkan adanya nanah). Sel agranulosit terdiri dari limfosit dan monosit. Limfosit sendiri terdiri atas 3 yaitu Sel B (membuat antibody dan mengikat pathogen lalu melisisikannya), Sel T (CD4+ mengkoordinir tanggapan ketahanan serta penting untuk menahnan bakteri interseluler CD8+ dapat membunuh sel yang terinfeksi virus), dan Sel *Natural Killer* (membunuh sel tubuh yang tidak menunjukkan sinyal bahwa dia tidak boleh dibunuh karena telah terinfeksi virus atau menjadi sel kanker). Monosit membantu sel limfosit Tagar pathogen tersebut dapat dikenal dan diingat lalu dilisiskan atau membuat tanggapan antibody untuk menjaga. Monosit berfungsi untuk memfagositosis dan disebut makrofag apabila telah meninggalkan aliran darah serta masuk ke dalam jaringan. (Riley and Rupert, 2015)

2.6. Buah Kiwi



(Bahmani, Shirzad, Mirhosseini, Mesripour, & Kopaei, 2016)

Gambar 2.6 Daun dan Buah Kiwi (*Actinidia deliciosa*)

2.6.1. Taksonomi

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionita
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Dilleniidae
Ordo	: Theales
<i>Famili</i>	: <i>Actinidiaceae</i>
Genus	: Actinidia
Spesies	: Actinidia deliciosa

Kiwi dalam salah satu varietasnya, adalah buah dengan nilai gizi tinggi, dengan kepadatan nutrisi yang lebih tinggi daripada buah-buahan lain untuk konsumsi reguler. Konsumsi kiwi secara teratur dalam konteks diet seimbang memiliki efek menguntungkan pada fungsi kekebalan dan pertahanan antioksidan, pada fungsi pencernaan dan pada sistem pernapasan (Duttaroy and Jørgensen, 2018). Banyaknya efek menguntungkan dari kiwi adalah karena kandungan vitamin C yang tinggi, tetapi juga nutrisi antioksidan, serat dan fitokimia lainnya, yang bertindak secara sinergis ketika ditemukan dalam matriks yang sama (Rahmi, 2017)

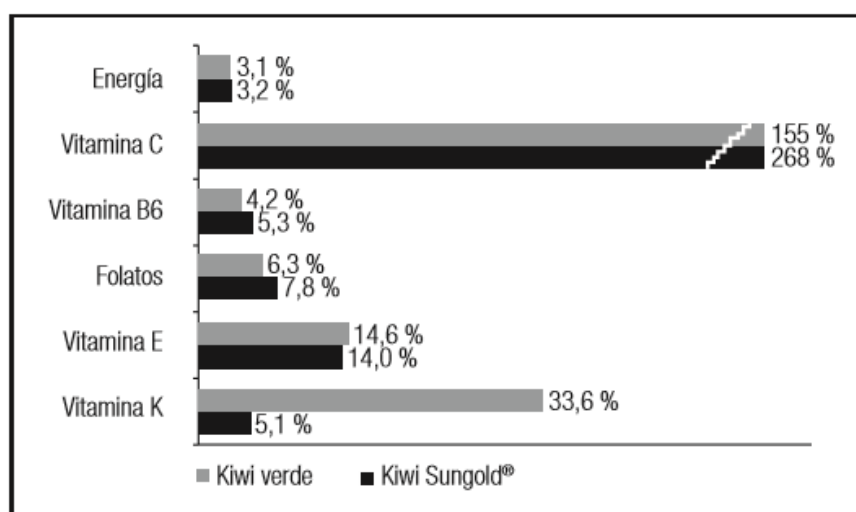
Tabel I menunjukkan komposisi nutrisi dari dua varietas kiwi hijau dan kuning atau emas. Pada gambar dibawah ini menunjukkan persentase asupan yang direkomendasikan energi dan nutrisi untuk pria dewasa berusia antara 20 dan 40 tahun, yang ditutupi dengan 100 g porsi yang dapat dimakan dari kedua jenis kiwi.

Tabel I 3.1. Perbandingan Komposisi Nutrisi Dua Varietas Buah Kiwi

Nutrisi	A.deliciosa	A.chinensis
Air	83	82
Energi	61	63
Protein	1,14	1
Lipid	0,52	0,28
Asam Lemak Jenuh (g)	0,029	0,065
Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal (g)	0,047	0,023
Asam Lemak Tak Jenuh Ganda (g)	0,287	0,111
Karbohidrat (g)	14,7	15,8
Total gula (g)	9	12,3
Serat (g)	3	1,4
Vitamin		
Vitamin C (mg)	92,7	161
Vitamin B1 (mg)	0,027	0
Vitamin B2 (mg)	0,025	0,074
Niasin (mg)	0,341	0,231
A.Pantotenico (mg)	0,183	0,12
Vitamin B6 (mg)	0,063	0,079
Folat (µg)	25	31
Vitamin B12 (µg)	0	0,08
Vitamin A (µg)	4	1
Lutein+Zeaxantina (µg)	122	24
Vitamin E	1,46	1,4
Vitamin K (µg)	40,3	6,1
Minerals		
Calcium (mg)	34	17
Hierro (mg)	0,31	0,21
Magnesium (mg)	17	12
Fosfor (mg)	34	25
Potasium (mg)	312	315
Sodio (mg)	3	3
Zinc (mg)	0,14	0,08
Cobre (mg)	0,13	0,151
Mangan (mg)	0,098	0,048
Selenium (µg)	0,2	0,4

(M.Lopez Sobaler, et al, 2016).

Kiwi dapat dianggap memiliki kandungan energi yang rendah, karena 100 gram hanya menyediakan 3% dari diet rata-rata 2.000 kkal. Namun, kandungan vitamin C yang tinggi patut diperhatikan, karena 100 g varietas hijau hanya mencakup lebih dari 150% dari rekomendasi vitamin C orang dewasa yang berusia antara 20 dan 40 tahun, dan lebih dari 260% dalam kasus ini. kiwi kuning (Gambar 3.1).



(M.Lopez Sobaler, et al, 2016).

Gambar 2.7 Perbandingan Persentase Asupan Dua Varietas Buah Kiwi

Faktanya, kiwi melebihi kandungan vitamin C dari buah lainnya. Secara khusus, kiwi hijau memiliki vitamin C dua kali lebih banyak daripada jeruk atau stroberi, dan kiwi kuning tiga kali lipat (Tabel II). Penelitian pada manusia menunjukkan bahwa bioavailabilitas kiwi vitamin C mirip dengan suplemen, dan penelitian pada hewan hasilnya lebih tinggi. Perlu juga dicatat kandungan vitamin lain seperti folat, terutama dalam *Sungold* kiwi, yang memiliki jumlah yang mirip dengan jeruk dan lebih tinggi dari buah-buahan lainnya. Mereka juga memiliki sejumlah besar vitamin E dan K yang larut dalam lemak (seperti *phyloquinone*).

Kiwi sebanding dengan alpukat dalam hal kandungan vitamin E-nya. Konsumsi salah satu dari dua varietas kiwi meningkatkan kadar vitamin E dalam plasma. Sedangkan untuk mineral, kandungan kalium sebanding dengan pisang. (Tabel II).

Tabel II 3.2. Perbandingan Nutrisi Buah Kiwi dengan Buah Lainnya

	Kiwi Hijau	Kiwi Emas	Jeruk	Apel	Pisang	Stroberi	Blueberry
Energi (Kkal)	61	63	47	52	89	32	57
Karbohidrat (g)	14,7	15,8	11,8	13,8	22,8	7,7	14,5
Total gula (g)	9	12,3	9,4	10,4	12,2	4,9	10
Serat (g)	3	1,4	2,4	2,4	2,6	2	2,4
Kalium (mg)	312	315	181	107	358	153	77
Tembaga (mg)	0,13	0,15	0,05	0,03	0,08	0,05	0,06
Vitamin C (mg)	92,7	161	53,2	4,6	8,7	58,8	9,7
Folat (µg)	25	31	30	3	20	24	6
Lutein (µg)	122	24	129	29	22	26	80
Vitamin E (mg)	1,46	1,40	0,18	0,18	0,1	0,29	0,57
Vitamin K (µg)	40,3	6,1	0	2,2	0,5	2,2	19,3

(M.Lopez Sobaler, et al, 2016).

Antioksidan pada buah kiwi antara lain vitamin C, β karoten, klorofil a dan b, dan senyawa flavonoid. Buah kiwi mengandung banyak fitonutrien serta vitamin dan mineral yang baik untuk kesehatan. Beberapa manfaat mengkonsumsi buah kiwi antara lain ialah serat sebagai pengendali gula darah, mencegah asma, perlindungan terhadap degenerasi makula, mengurangi kadar lemak darah (Whofoods, 2012). Vitamin C atau asam askorbat merupakan salah satu vitamin

yang larut dalam air dan berfungsi di dalam tubuh sebagai koenzim atau kofaktor, sedikit larut dalam alkohol dan gliserol, tetapi tidak dapat larut dalam pelarut non polar seperti eter, benzen, kloroform, dan lain-lain. Vitamin C larut dalam air (Kallio *et al.*, 2012)

Vitamin C adalah pereduksi kuat bagi tubuh berperan sebagai antioksidan yang bekerja menghalangi beberapa kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas dan menghambat reaksi oksidasi dalam tubuh yang merusak struktur fungsi sel (Inggrid and Santoso, 2014). Vitamin C juga berperan untuk memulihkan radikal tokoferol quinon menjadi tokoferol tereduksi yang mempunyai efek sebagai pencegat (*interceptor*) radikal bebas membran sehingga fungsinya kembali membaik. Re-reduksi radikal askorbat terjadi secara spontan (dengan jalan bereaksi sesamanya) atau oleh bantuan NADPH sebagai kofaktor pereduksi (Jazmin *et al.*, 2018). Angka kecukupan vitamin C sehari adalah 75 mg untuk wanita usia 16 tahun ke atas dan 90 mg untuk pria 16 tahun ke atas (Almatsier, 2019). Kandungan vitamin C buah kiwi 17 kali lebih banyak dibanding buah apel, dua kali lebih banyak dibanding jeruk dan lemon. Kandungan vitamin C membantu tubuh memproduksi pendetoks *glutathione*. Kadar *glutathione* dapat meningkat sampai 50% bila buah kiwi dikonsumsi dalam 2 minggu. Kemampuan vitamin C sebagai donor elektron membuat vitamin C menjadi sangat efektif sebagai antioksidan karena vitamin C dapat dengan cepat memutus rantai reaksi SOR (Spesies Oksigen Reaktif) dan SNR (Spesies Nitrogen Reaktif). Vitamin C meningkatkan fungsi imun dengan menstimulasi produksi interferon (protein yang melindungi sel dari serangan antigen).

Kandungan vitamin E dalam buah kiwi dua kali lipat lebih banyak dari buah alpukat. Dalam 100 gram buah kiwi terkandung 1,1 mg vitamin E atau tokoferol yang larut dalam lemak dan sebagian besar pelarut organik, tetapi tidak larut dalam air. Vitamin E punya efek yang mirip dengan vitamin C, tetapi larut lemak dan fungsinya saling melengkapi dengan vitamin C (Siswanto, Budisetyawati, Ernawati, 2014)

Selenium adalah mineral yang penting untuk sintesis protein dan aktivitas enzim glutathion peroksidase (GSH-PX). Selenium dalam glutathion peroksidase mempunyai peranan sebagai katalisator yang terbentuk di dalam tubuh menjadi ikatan yang tidak bersifat toksik (Angraini and Ayu, 2015). Peroksida dapat berubah menjadi radikal bebas yang dapat mengoksidasi asam lemak tidak jenuh yang ada pada membran sel sehingga merusak membran sel. Oleh karena itu disebutkan dalam beberapa literatur bahwa selenium bekerjasama dengan vitamin E dan berperan sebagai antioksidan (Angraini and Ayu, 2015). Kerjasama tersebut terjadi karena vitamin E menjaga membran sel dari radikal bebas dengan melepaskan ion hidrogennya, sedangkan selenium berperan dalam memecah peroksida menjadi ikatan yang tidak reaktif sehingga tidak merusak asam lemak tidak jenuh yang banyak terdapat dalam membran, membantu mempertahankan integritas membran dan melindungi DNA dari kerusakan. Integritas membran sel sangat diperlukan dalam sistem imunitas karena produksi sitokin sangat ditentukan oleh reseptor yang terdapat dalam membran sel, oleh karena itu selenium sangat diperlukan untuk meningkatkan imunitas seluler (Angraini and Ayu, 2015). Disamping itu kerusakan DNA juga akan mempengaruhi makrofag dalam

fagositosis sehingga akan menurunkan fungsi makrofag sebagai APC. Kekurangan selenium yang berdampak pada imunitas dan hasil penelitian mengungkapkan bahwa pada keadaan kekurangan selenium akan terjadi penurunan titer IgG dan IgM, mengganggu kemotaksis neutrofil dan produksi antibodi oleh limfosit, mengganggu dan meningkatkan CD4⁺ dan menurunkan CD8⁺ (Angraini and Ayu, 2015)

Flavonoid merupakan golongan terbesar dari senyawa polifenol yang dapat mencegah penyakit kardiovaskuler dengan cara menurunkan laju oksidasi lemak flavonoid diketahui dapat menghambat oksidasi lipid dan pembentukan *lipid peroxide* melalui mekanisme penangkapan radikal bebas (Alim *et al.*, 2019)

Karoten mempunyai dua bentuk utama, yaitu alfa-karoten dan beta-karoten. Beta-karoten mempunyai kemampuan sebagai antioksidan yang dapat berperan penting menstabilkan radikal berinti karbon. Beta-karoten juga dapat bersinergi dengan komponen zat gizi lain. Beta-karoten yang dikonsumsi berbarengan dengan vitamin C dan E mampu meningkatkan kemampuan antioksidan. Sifat antioksidan beta-karoten efektif pada konsentrasi rendah oksigen, sehingga dapat melengkapi sifat antioksidan vitamin E yang efektif pada konsentrasi tinggi oksigen sedangkan disisi lain, vitamin C akan membantu menstabilkan radikal bebas beta-karoten (Alim *et al.*, 2019)

Warna hijau pada buah kiwi yaitu karena kadar pigmen klorofil yang tetap tidak berubah pada proses pematangan buah kiwi. Klorofil mempunyai aktivitas biologis yaitu sebagai antioksidan dan antikanker. Selain itu, klorofil juga kaya akan zat antiinflamasi, antibakteri, antiparasit (Astawan dan Leomitro, 2018).

Xanthophyll adalah pigmen pemberi warna kuning yang memiliki kemampuan antioksidan pemecah rantai peroksidase dari membrane fosfolipid. Lutein termasuk komponen utama *Xanthophyll* yang lebih mudah larut dalam air dibandingkan beta-karoten. Kemudahan larut dalam air tersebut disebabkan oleh kandungan hidroksil yang lebih banyak pada lutein sehingga bersifat lebih polar dibandingkan beta-karoten. Lutein dapat berfungsi sebagai antioksidan karena kemampuannya mencegah kerusakan DNA (Mohajeri, Safaei and Sanei, 2015). Sementara itu, kandungan mineral yang ada dalam buah kiwi antara lain kalium (pottasium), magnesium, kalsium, tembaga, seng, mangan, dan fosfor. Senyawa kalium berperan penting dalam menjaga fungsi otot dan gerak refleks sistem saraf juga menjaga keseimbangan air dalam tubuh. Selain itu, senyawa magnesium dalam buah kiwi termasuk yang tertinggi dari 27 jenis buah yang umum dikonsumsi. Rendahnya konsumsi magnesium dapat menyebabkan hipertensi dan penyakit jantung (Mohajeri, Safaei and Sanei, 2015)

Zinc sebagai bagian dari enzim atau sebagai kofaktor pada kegiatan lebih dari 300 enzim. Zinc juga berperan dalam proliferasi sel terutama sel mukosa. Zinc juga mempunyai peran yang penting dalam sintesa asam nukleat yang merupakan senyawa yang esensial di dalam sel, sehingga keberadaan zinc mempunyai peranan penting di dalam fungsi imunitas seluler. Peran tersebut telah dibuktikan bahwa kekurangan zinc menurunkan aktivitas sel natural killer, CD4+ dan CD8+, juga menurunnya proliferasi limfosit. Peran zinc di dalam fungsi imunitas antara lain di dalam fungsi sel T dan dalam pembentukan antibodi oleh sel B, serta pertahanan non spesifik. Zinc juga diperlukan didalam aktivitas enzim

SOD (superoksida dismutase) yang memiliki peran penting dalam sistem pertahanan tubuh, terutama terhadap aktivitas senyawa oksigen reaktif yang dapat menyebabkan stres oksidatif. Peran lain dari zinc adalah untuk sintesa protein yang merupakan komponen terbesar dalam pembentukan antibodi, maka dari itu keberadaan zinc sangat terkait dengan sistem imun humoral. Zinc juga mempunyai peranan pada produksi sitokin, hal ini terlihat adanya peningkatan produksi IL-2, setelah suplementasi zinc pada orang yang kekurangan zinc. Penurunan zinc juga terlihat mempengaruhi kemampuan sel NK untuk membunuh antigen (Angraini and Ayu, 2015).

2.7. Bakteri *Staphylococcus aureus*

Pertahanan tubuh terhadap bakteri pathogen seperti pada pertahanan mikroorganisme lainnya, terdiri atas pertahanan non spesifik dan spesifik. Epitel permukaan yang mempunyai fungsi proteksi, akan membatasi masuknya bakteri ke dalam tubuh. Bila bakteri berhasil masuk ke dalam jaringan tubuh, patogenitasnya akan ditentukan oleh kemampuan tubuh untuk menghancurkan dinding selnya. *Staphylococcus* adalah bakteri gram positif yang berbentuk bulat (kokus), biasanya tersusun dalam rangkaian tak beraturan seperti anggur. *Staphylococcus* berasal dari bahasa Yunani, *Staphyle* yang berarti sekelompok buah anggur dan *coccus* yang berarti benih bulat (Husson *et al.*, 2016). *Staphylococcus* adalah sel gram positif berbentuk bulat, biasanya tersusun dalam rangkaian tak beraturan seperti anggur (Husson *et al.*, 2016). *S.aureus* faktor antifagosit meliputi enzim koagulase pembentuk fibrin dan protein A, yang berkaitan dengan bagian Fc IgG, menghambat opsonisasi. Toksin lain yang

dihasilkan menyebabkan stafilokokus sangat merusak dan organisme pembentuk abses. Beberapa strain *S.aureus* mempunyai simpai yang dapat menghambat fagositosis oleh leukosit polimorfonuklear, kecuali bila ada antibody spesifik. Kebanyakan strain *S aureus* mempunyai koagulase, pada permukaan dinding sel koagulase terikat secara non enzimatik dengan fibrinogen dan bakteri beragregasi (Husson *et al.*, 2016)

Selama infeksi *S.aureus* jumlah leukosit meningkat, leukosit polimorfonuklear dan monosit yang akan membunuh bakteri yang masuk ke jaringan. (Husson *et al.*, 2016). Neutrofil mampu memfagositosis 5 – 20 bakteri sebelum mati karena mengandung lisosom yang merusak glikosid pada dinding bakteri dan laktorein yaitu suatu protein yang berkteriostatik terhadap bakteri (Husson *et al.*, 2016).

